3П

УДК 004.89:004.93

О.Б. Пасичнык
Национальный университет «Львовская политехника», г. Львов, Украина
olha.pasichnyk@gmail.com

Геоинформационная система анализа климатических и физико-географических параметров для исследования ареалов лесных пород

В статье рассматривается геоинформационная система анализа климатических (средняя температура) и физико-географических (абсолютная высота) параметров для исследования ареалов лесных пород. Предложен подход к анализу параметров, который позволяет моделировать сценарии изменения климата и прогнозировать влияние изменения климата на ареалы лесов.

Введение

Изменение климата является наиболее важной и сложной проблемой в сфере охраны окружающей среды, которая возникла перед человечеством за последний век. Подписание Рамковой Конвенции ООН об Изменении Климата представителями 150 стран свидетельствует о том, что изменение климата существенно угрожает экологии Земли и экономическому развитию человечества [1]. Известно, что за последние сто лет наша атмосфера заметно потеплела и этот процесс продолжается. Климат планеты постоянно меняется. Изменение климата ведет к изменению ареалов всех видов растений, в том числе и к изменению территории распространения лесов [2]. Поэтому актуальной научной задачей является разработка математического, алгоритмического и программного инструментариев для анализа влияния климатических параметров на ареалы лесных пород.

Целью данной работы является разработка математического аппарата и геоинформационной технологии для формирования базы климатических данных об ареалах лесных пород для западной и центральной части Украины.

Формирование цифровых карт лесов, климатических и физико-географических параметров

Для проведения анализа климатических и физико-географических параметров (температура, влажность, количество осадков, абсолютная высота и др.), какие присущи для ареалов лесов, использованы средства геоинформационной системы MapInfo, которая дает возможность редактирования, отображения и анализа географической информации. При помощи такой геоинформационной системы можно не только создавать модельное изображение территории и разнообразных географических объектов, но и задавать произвольную информацию табличного типа для каждого из них [3]. Инструментарий геоинформационной системы является эффективным и удобным в проведении анализа климатических и физико-географических параметров для ареалов лесов.

Для проведения исследования необходимо сформировать карты ареалов лесных пород, климатических и физико-географических параметров и соответствующие таблицы с необходимыми данными.

Анализ проведен для западных и центральных областей Украины (Винницкой, Волынской, Житомирской, Закарпатской, Ивано-Франковской, Киевской, Львовской, Ровенской, Тернопольской, Хмельницкой, Черкасской, Черновицкой), поскольку именно в этих областях наибольшая площадь ареалов лесов [4], [5]. Для осуществления расчетов выбраны такие физико-географические и климатические параметры, как абсолютная высота и средняя температура.

Как входные данные используется цифровая карта потенциальной растительности, созданная с помощью средств MapInfo. Под потенциальной имеется в виду растительность, которая была бы на соответствующей территории в настоящее время, если бы не было хозяйственной деятельности [6], [7]. Цифровая карта (рис. 1) отображает расположение растительности на территории анализируемого региона.



Рисунок 1 – Карта потенциальной растительности для западных и центральных областей Украины

Для формирования карты абсолютных высот региона использована цифровая карта высот Национального атласа Украины. Построение карты высот для анализируемого региона происходит по такой схеме:

1) наложить на цифровую карту высот карту рассмотренных областей Украины, которая содержит информацию о границах областей и их другие параметры;

2) карту высот расположить как верхний слой и установить возможность ее редактирования;

3) выделить все объекты карты высот, использовав опцию для выбора объекта, который изменяется;

4) установить карту высот как нижний слой, выделить области Украины и удалить внешнюю часть карты высот, то есть ту часть, которая не входит в предварительно выбранные области.

Такую процедуру можно сделать с помощью запроса языком MapBasic:

```
Map From Relief_21, RegBound_HalfUkr
Set Map Layer 1 Editable On
set map redraw on
Set Target On
set map redraw off
Set Map Order 2,1
set map redraw on
Objects Intersect Into Target Data InitialID=InitialID, UID=UID, SheetLayer=SheetLayer,
CodeTopo=CodeTopo, HeighRel=HeighRel, HeighAbs=HeighAbs
```

Полученная цифровая карта отображает расположение изолиний абсолютных высот на рассмотренной территории Украины (фрагмент карты с изолиниями показан на рис. 2).

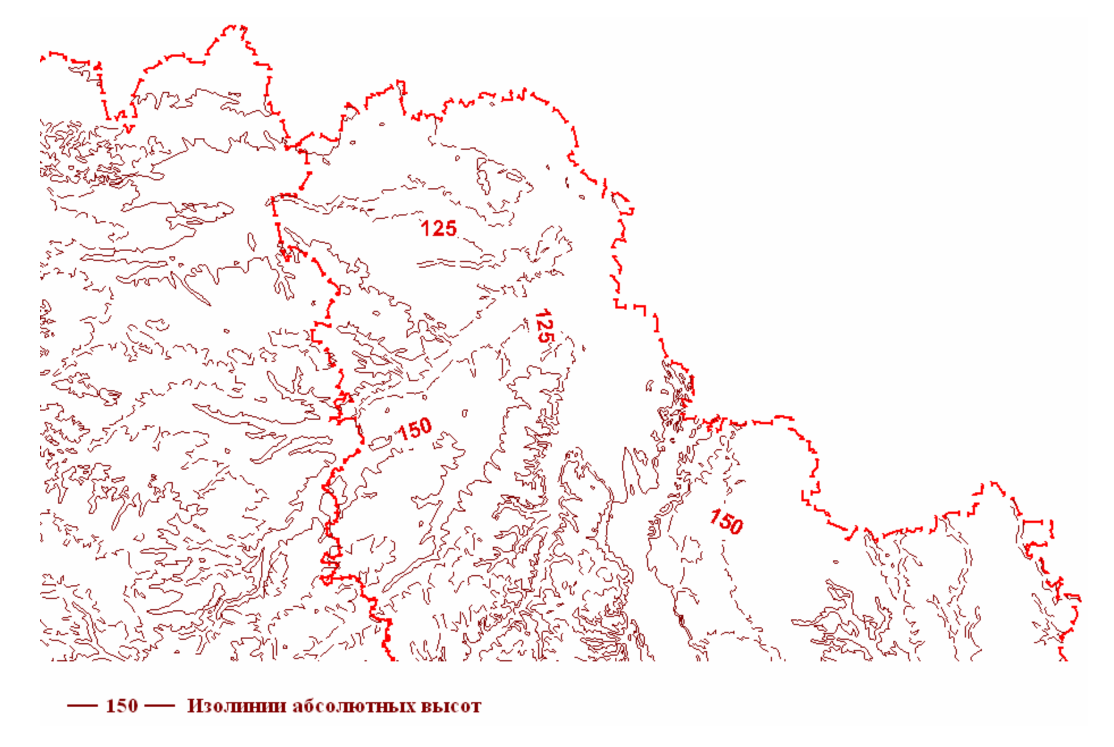


Рисунок 2 – Фрагмент карты изолиний абсолютных высот

Поскольку на большей части территории Украины вегетационный период (период года, когда возможен рост и развитие растений) начинается в конце марта, а заканчивается в конце октября, и наиболее присущими являются летние месяцы, то для анализа температуры целесообразно выбрать среднюю температуру в летний период (например, среднюю температуру воздуха в июле месяце) [8]. Для этого удобно использовать карту соответствующих изолиний температур, созданную с помощью средств MapInfo (линии, полилинии, полигоны).

Получив карту изолиний средних температур в июле месяце для территории Украины, формируем карту лишь для анализируемых областей. Запрос языком MapBasic выглядит следующим образом:

```
Map From temp_pidpys, RegBound_HalfUkr
Set Map Layer 1 Editable On
set map redraw on
Set Target On
set map redraw off
Set Map Order 2,1
set map redraw on
Objects Intersect Into Target Data p127=p127, SOATO_U=SOATO_U, UkrName=UkrName,
RusName=RusName, EngName=EngName, CenterUkrName=CenterUkrName,
CenterSOATO_U=CenterSOATO_U, Popul97=Popul97, UrbanPopul97=UrbanPopul97,
RuralPopul97=RuralPopul97, Popul98=Popul98, UrbanPopul98=UrbanPopul98,
RuralPopul98=RuralPopul98, Temperature=Temperature
```

Показанная на рис. 3 цифровая карта отображает расположение изолиний средних температур воздуха в июле месяце для анализируемой территории Украины.



Рисунок 3 – Карта изотерм средней температуры воздуха в июле месяце

Данные о типах лесов, температуре изолиний и другие, необходимые для анализа, параметры представляются в форме соответствующей таблицы.

Формирование множества элементарных участков для анализа

Для осуществления анализа климатических и физико-географических параметров для ареалов лесов на рассмотренной территории необходимо в первую очередь сформировать элементарные участки, в пределах которых будет осуществляться такой анализ. Для этого необходимо иметь множество элементарных объектов цифровой карты анализированной территории. За основу деления на такие объекты выбираем элементарные участки *размером* $l \times l$ км (например, 5 × 5 км), ограниченные границами региона.

Пусть $v_n - n$-й элементарный участок (элементарный объект цифровой карты). Тогда множество всех элементарных объектов можно записать следующим образом:

$$\left\{v_n, n = \overline{1, N}\right\}, \tag{1}$$

где $N -$ общее количество элементарных участков.

Карта элементарных участков также может быть представлена в виде таблицы. Каждому элементарному участку соответствует строка цифровой карты с необходимыми данными и параметрами для расчетов.

Реализовать процедуру деления карты региона можно, используя средства системы MapInfo по такой схеме:

1) прибавить к открытой карте регионов объект «сетка» с соответствующими параметрами (размер клетки 5×5 км) и наложить ее поверх анализируемых областей;

2) изменить свойства сетки и установить возможность редактирования;

3) выделить сетку и прибавить объект, который изменяется, к выборке:

```
Set map redraw off
Set Map Layer 1 Editable On
Set map redraw on
Set Target On;
```

4) карту региона переместить поверх сетки, выделить области для деления и удалить внешнюю часть, то есть часть сетки, которая очутилась за пределами региона:

```
Set map redraw off
Set Map Order 2,1
Set map redraw on
Objects Intersect Into Target Data Description=Description,
Col_Name=Col_Name, Row_Name=Row_Name.
```

Таким образом, получаем карту областей, которая разделена на элементарные участки. Такую карту можно использовать в качестве сетки для деления потенциальных лесов, а также для последующего анализа климатических и физико-географических параметров.

Рассмотрим объекты, которые образуют цифровую карту лесов, и сформируем множество всех объектов леса. Пусть $v^{(l)} - l$-й объект цифровой карты лесов. Тогда совокупность таких объектов можно записать как множество:

$$\left\{v^{(l)}, l = \overline{1, L}\right\}, \tag{2}$$

где L – общее количество объектов цифровой карты потенциальных лесов.

Следовательно, для пространственной оценки расположения лесов рассматриваем два множества:

$\left\{v^{(l)}, l = \overline{1, L}\right\}$ – совокупность объектов, которые соответствуют лесу, из цифровой карты потенциальных лесов;

$\left\{v_n, n = \overline{1, N}\right\}$ – совокупность элементарных участков размера $l \times l$ км.

Теперь для описанных выше множеств применим операцию пересечения с расщеплением элементов. Результатом является множество

$$\left\{v_n^{(l)}, l = \overline{1, L}; n = \overline{1, N}\right\} = \left\{v^{(l)}, l = \overline{1, L}\right\} \cap \left\{v_n, n = \overline{1, N}\right\}, \tag{3}$$

элемент $v_n^{(l)}$ определяет участок, который соответствует объекту вида потенциального леса в каждом элементарном участке.

Таким образом, получаем карту потенциальных лесов, каждый объект которой разделен частью элементарного участка, в который он попал. Совокупность объектов на карте обозначим N_{Σ}.

Алгоритм анализа показателей температуры и абсолютной высоты

Показатели температуры воздуха в июле месяце для анализируемого региона, а также абсолютной высоты, поданы в отдельных таблицах для каждого объекта в частности (изолинии для температуры и высоты). Но для проведения последующего анализа необходимо найти климатические данные для каждого элементарного участка.

Для этого необходимо выполнить следующее:

1) на открытые карты изолиний температур в летний период и абсолютных высот наложить сформированную карту элементарных участков;

2) добавить к таблице элементарных участков две новые колонки, в которых дальше будут записаны соответствующие значения высоты и температуры;

3) в таблице элементарных участков анализируется каждый из них, и если через него проходит изолиния высоты или температуры, то записываем фиксированное для элементарного участка значение параметра в соответствующую строку таблицы;

4) в клетки, через которые не проходят изолинии, записываем значение 0;

5) определяем наименьшее значение координаты *Y* для карты элементарных участков;

6) анализируем постепенно все элементарные участки, координаты *Y* которых одинаковые, то есть рассматриваем каждую строку карты, двигаясь слева направо и сверху вниз;

7) находим два последовательных значения одного климатического параметра, между которыми есть несколько незаполненных нулевых значений;

8) равномерным делением заполняем все промежуточные нулевые клетки, причем если зафиксированные значения последовательных параметров растут, то и промежуточные значения будут постепенно расти, и наоборот;

9) для элементарных участков, которые остались незаполненными, прорабатываем такую же процедуру, но двигаемся сверху вниз, выбирая столбцы с одинаковыми координатами *X*.

Выполняя такую процедуру для каждого климатического параметра, получим карту элементарных участков с соответствующими значениями средней температуры и абсолютной высоты в каждом элементарном участке. Но для последующего исследования нужны климатические параметры не только для элементарного участка, но и для каждого вида леса.

Для этого необходимо выполнить такие шаги:

1) на открытую карту потенциальных лесов наложить карту элементарных участков (с известными значениями параметров в каждой из них), в результате чего получим карту потенциальных лесов, разделенную на элементарные участки; при этом получаем N_{Σ} элементарных объектов, каждый из которых помечаем v_n^i, где $n=\overline{1,N}$, $i=\overline{1,L_n}$; в каждом элементарном участке имеем L_n объектов леса;

2) в таблице потенциальных лесов, разделенных на элементарные участки, по очереди рассматриваем каждый элементарный участок и все объекты леса, которые

к ней принадлежат; сначала рассматриваем каждый объект леса по очереди в первом ($n=1$) элементарном участке и т.д.: v_n^i, $n=1, i=\overline{1,L_n}$;

3) записываем среднюю температуру и абсолютную высоту элементарного участка для каждого элементарного объекта леса $i=\overline{1,L_n}$ в рассмотренном элементарном участке $v_n, n=1$:

Add Column Forest_Divide (High) From Klimat_Data Set To HighAbs Where intersects Dynamic
Add Column Forest_Divide (Temperature) From Klimat_Data Set To SummerTemperature Where intersects Dynamic

Получаем карту потенциальных лесов, разбитую на элементарные участки, и для каждого объекта леса в каждом элементарном участке имеем значение температуры в летний период и абсолютной высоты.

В результате выполнения таких действий получаем множество объектов цифровой карты, каждый из которых соответствует элементарному участку леса определенного типа, отнесенному к соответствующей клетке сетки размером 5×5 км. Общее число объектов цифровой карты составляет

$$N_\Sigma = \sum_{n=1}^{N} L_n \,. \quad (4)$$

Id	Vegtype	Vegspecies	Description	Area	Temperature	High Abs
1 300	Карпатские горные и предгорные леса	Ель, пихта, бук, дуб	BF98	25,094410	18,00	400,00
1 300	Карпатские горные и предгорные леса	Ель, пихта, бук, дуб	BG103	25,203893	18,00	1 000,00
1 300	Карпатские горные и предгорные леса	Ель, пихта, бук, дуб	AN93	24,983425	18,00	1 400,00
1 300	Карпатские горные и предгорные леса	Ель, пихта, бук, дуб	BG107	0,008133	18,00	1 000,00
1 300	Карпатские горные и предгорные леса	Ель, пихта, бук, дуб	BG106	6,086939	18,00	800,00
1 300	Карпатские горные и предгорные леса	Ель, пихта, бук, дуб	BG105	23,549521	18,00	1 000,00
1 300	Карпатские горные и предгорные леса	Ель, пихта, бук, дуб	BG104	25,226415	18,00	900,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BG48	23,972476	18,14	200,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BG47	23,949666	18,16	200,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BG46	23,927374	18,17	200,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BG45	23,904002	18,50	200,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BG44	23,881148	18,50	200,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BG43	23,858810	18,50	200,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BG42	17,911096	18,50	200,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BF52	18,755335	18,08	225,00
1 200	Широколистные леса	Бук, дуб, граб, клен, липа	BG53	1,118336	18,08	225,00

Рисунок 4 – Фрагмент таблицы с информацией о климатических и физико-географических параметрах для каждого объекта леса в элементарном участке

Для анализируемых областей Украины количество объектов цифровой карты составляет

$$N_\Sigma = \sum_{n=1}^{N} L_n = 11101 \,. \quad (5)$$

Фрагмент таблицы, с информацией о климатических и физико-географических параметрах для каждого объекта леса в элементарном участке, а также о других необходимых данных, представлен на рис. 4.

Для анализа влияния климатических и физико-географических параметров на ареалы лесов разработана геоинформационная технология, которая базируется на создан-

ных программных модулях с использованием языка C# и системе геораспределенной базы данных. Результатом работы созданного программного обеспечения является обобщенная информация о наиболее благоприятных условиях прорастания основных видов лесов.

Выводы

Разработанная математическая модель, отображающая влияние физико-географических и климатических параметров на ареалы лесных пород, дает возможность получать в обобщенной форме информацию о наиболее благоприятных условиях прорастания основных видов лесов. Созданный инструментарий демонстрирует возможность реализации геоинформационной технологии, которая в сочетании со средствами моделирования сценариев изменения климата даст возможность анализировать и прогнозировать влияние изменения климата на ареалы лесов, давать рекомендации по ведению лесохозяйственной деятельности.

Литература

1. Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату // ВВР. – 1996. – № 50. – Ст. 277.
2. Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України / [Р.А. Бунь, М.І. Густі, В.С. Дачук та ін.] ; за ред. Р.А. Буня. – Львів : УАД, 2004. – 376 с.
3. Атлас України. Версія 1.0. / Інститут географії Національної академії наук України, 1999 – 2000. Інтелектуальні Системи ГЕО, 1999 – 2000.
4. Генсірук С.А. Ліси України / Генсірук С.А. – Київ : Наукова думка, 1992. – 408 с.
5. Генсірук С.А. Ліси Західного регіону України / Генсірук С.А., Нижник М.С., Копій Л.І. – Львів : Світ, 1995. – 424 с.
6. Генсірук С.А. Лісові ресурси України, їх охорона і використання / С.А. Генсірук, В.С. Бондар. – Київ : Наукова думка, 1973. – 222 с.
7. Короткий довідник по лісовому фонду України (за матеріалами чергового державного обліку лісів України станом на 01.01.96). – Київ : Державний комітет лісового господарства України, 1998. – 101 с.
8. Україна : Навчальний атлас / [гол. ред. Ф.В. Зузку]. – Київ : Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України, 1998.

О.Б. Пасічник
Геоінформаційна система аналізу кліматичних і фізико-географічних параметрів для дослідження ареалів лісних порід
У статті розглядається геоінформаційна система аналізу кліматичних (середня температура) та фізико-географічних (абсолютна висота) параметрів для дослідження ареалів лісних порід. Запропонований підхід до аналізу параметрів, який дозволяє моделювати сценарії зміни клімату та прогнозувати вплив зміни клімату на ареали лісів.

O.B. Pasichnyk
Geo-Informational System for Analysis of Climatic and Physical-Geographical Parameters for Investigation of Forest Species Natural Habitats
The article describes geo-informational system for design of climatic and physical-geographical parameters for the natural habitats of the forest species. Method for analysis of parameters is proposed, which allows designing the scenarios of climate change and forecasting influence on the natural habitats of the forests.

Статья поступила в редакцию 26.05.2009.